

2. 実験用GBAS機上装置によるVDB受信試験

通信・航法・監視領域 ※齊藤真二，福島荘之介，藤田征吾，齋藤享，吉原貴之，工藤正博*
（*：現 国土交通省東京航空局）

1. はじめに

電子航法研究所では、GBAS（Ground-Based Augmentation System；地上型衛星航法補強システム）の研究および開発を行っており、これまで、GBAS の基本性能の評価のための実験用装置を仙台空港に設置し、評価実験を実施してきた。この結果、進入着陸への利用に十分な測位精度が得られることが示されている [1]。GBAS の実現に向けての次の段階として、より実用装置に近い、高い信頼性を持った GBAS 試作装置を設計・開発し、昨年未までに関西国際空港に設置した [2]。同時に、GBAS 機上受信機についても、実用機材として民間航空機に搭載される Rockwell Collins 社のマルチモードレシーバ (GLU925) を導入し、実験用 GBAS 機上装置として動作させるべく、インタフェースの開発やソフトウェアの開発等を行ってきた。

本稿では、まず、開発した実験用 GBAS 機上装置について述べ、本装置と従来より使用していた機上受信装置を用いて実施した、GBAS 試作装置の VDB（VHF Data Broadcast；VHF データ放送）受信試験の結果について述べる。

2. 地上型衛星航法補強システム

GBAS は、基準局・各種モニタ・補強情報生成処理部・VDB 送信部からなる地上サブシステム、および航空機の測位・誘導を行う機上サブシステムで構成される。GPS 等の GNSS（Global Navigation Satellite System）を用いた航空機の着陸システムであり、GLS（GNSS Landing System）とも呼ばれる。

2.1 地上サブシステム

地上サブシステムは基準局・各種モニタ・補強情報生成処理部・VDB 送信部で構成される。

基準局は 4 式の GPS 受信装置からなり、各受信装置の GPS アンテナを独立したマルチパス環境下となるように 100m 程度の間隔を開けて設置することで、基準局間の独立性を高めるとともに冗長性をもたせている。補強情報生成処理部では、基準局で取得した衛星の測定値より

DGPS（Differential GPS）測位に利用する擬似距離補正情報を生成する。また、システムの完全性を保つために、GBAS の運用に脅威となる異常の検出やリスクの低減などの処理を行う様々なモニタが組み込まれている。これらのモニタによる異常値検出などの情報、擬似距離補正情報、飛行コースの情報などを併せて補強情報が生成される。VDB 送信部では、生成された補強情報を航空機に放送する。GBAS で用いる周波数帯は 108.025MHz~117.950MHz で、変調方式は D8PSK、隣接するチャンネルとの周波数間隔は 25kHz となっている。また、GBAS では 1 つの周波数で複数の進入コースを提供できるため、1 式の地上装置で複数の滑走路への対応が可能である。

2.2 機上サブシステム

機上サブシステムは、VDB 受信機、GPS 受信機、データ処理部などで構成され、地上から放送される補強情報と機上で受信した GPS 信号を基に航空機の位置を DGPS 測位により求め、同時に補強情報に含まれる信頼性に関する情報から、その測位結果が有効であるか否かを判断する。有効である場合は、選択した飛行コースからの偏位を算出し出力する。このように、GBAS では受信した情報や測位結果の有効性の判断を機上装置側で行うため、信頼性の高い補強情報の生成が重要となる。

GBAS では 1 つの周波数に対し複数の進入コースが割り当てられるため、周波数と進入コース (RPDS；Reference Path Data Selector) から決定される 5 桁の整数 (チャンネル) により、周波数とコースを選択する。GBAS に割り当てられているチャンネルの範囲は 20001~39999 とされ、周波数 (F [MHz])、進入コース (R) とチャンネル (N) の関係は次のとおりである。

$$F = 108 + ((N - 20000) \bmod 411) \times 0.025$$

$$R = (N - 20000) \operatorname{div} 411$$

例えば GBAS 試作装置の周波数とチャンネル番号は表 1 のようになっている。このように、同じ周波数を持つチャンネルを 411 毎とすること

表 1: GBAS 試作装置の周波数とチャンネル番号

| | |
|------------------------------|-------------------------|
| 周波数, 送信機出力 識別符号 (GBAS ID) | 114.050MHz, 80W ENKX |
| チャンネル番号 | |
| 06R (RPDS=0) | 20242 |
| 24L (RPDS=1) | 20653 |
| 06L (RPDS=2) | 21064 |
| 24R (RPDS=3) | 21475 |

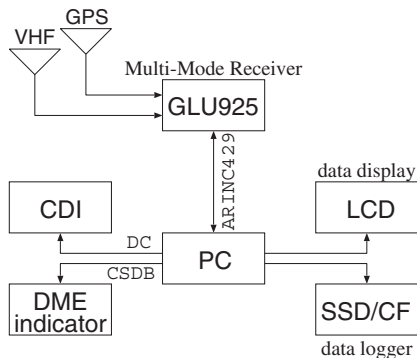


図 1: 実験用機上装置ブロック図

で、少なくとも 5 桁のうち 2 桁の数字が異なる値となり、仮にチャンネルの入力ミスがあったとしても、誤ったコースが選択されないようになっている [3].

3. 実験用 GBAS 機上装置

実験用 GBAS 機上装置のブロック図を図 1 に示す. GLU925 の制御, データ取得・記録・表示, 実験用計器への出力を PC から行えるようにし, 機上における振動等や気圧変化の影響を考慮し, シリコンディクスとコンパクトフラッシュを採用した. マルチモードレシーバの着陸システムモードの変更等の制御や各出力データの取得は ARINC429 入出力バスを用いて行う. GLU925 には, 7 種類 12 個の入力バスと 5 種類 8 個の出力バス, 16 個のディスクリット入力, 2 つのディスクリット出力があり, これら全ての入出力に対応可能となるような ARINC429 インタフェイスボードを選定した. また, GPS 信号および VDB 信号を受信するため, 図 2 に示す GPS アンテナおよび VHF アンテナをマルチモードレシーバに接続した. さらに, コース偏位と滑走路端までの距離を図 3 に示す実験用の CDI (Course Deviation Indicator) および実験用の DME 表示器に表示するため, D/A 変換ボードおよび RS-422A ポートを介しそれぞれの計器と PC が接続されている.

また, GLU925, CDI, DME 表示器の制御や



図 2: VHF アンテナ (左) と GPS アンテナ (右)



図 3: 実験用計器, CDI (左) と DME 表示器 (右)

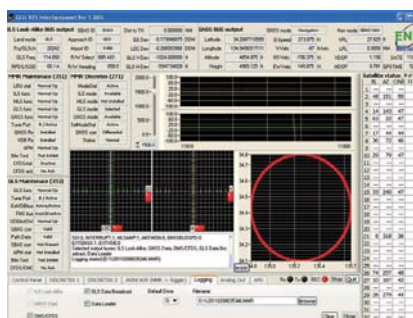


図 4: 画面表示例 (オービット飛行時)

データの記録および画面への表示を行うためのソフトウェアを作成し, GPS 衛星の補足状況や VDB 信号の受信状況, 滑走路情報, コース偏位, 飛行航跡, マルチモードレシーバの動作状況などの情報を含む ARINC429 Label[4, 5, 6, 7] をリアルタイムでデコードし, 図 4 に示すような画面表示をすることで, 実験中に動作状況等を確認出来るようになっている. 一方, コース偏位のコックピットへの表示については, CDI に対し, 直流電流を出力する必要があるため, コース偏位の DDM 値 (Label 173, 174) を電流値に換算し, D/A 変換ボードを介し CDI に出力するようにした. また, 滑走路端までの距離の表示については, DME 表示器に CSDB (Commercial Standard Digital Bus) フォーマット [8] で出力する必要があり, LTP/FTP までの距離 (Label 177) を CSDB フォーマットに変換し, RS-422A ポートを介し出力するようにした.

4. VDB 受信試験

4.1 地上走行試験

GBAS 評価装置と GLU925 のインタフェイス確認および滑走路での VDB 信号強度調査を目的とし, 関西空港の滑走路において, 車両走行試験を 2011 年 1 月 31 日および 2 月 1 日の夜



図 5: 実験用車両

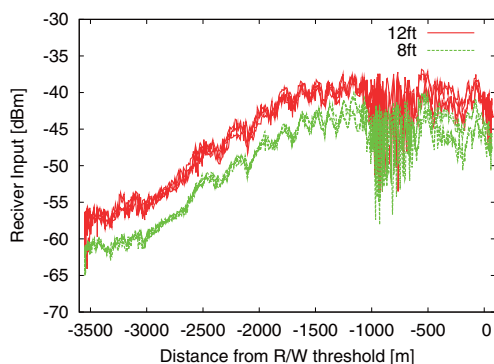


図 6: A 滑走路上的での受信信号強度

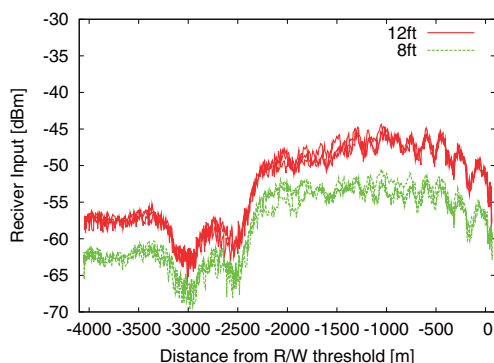


図 7: B 滑走路上的での受信信号強度

間に実施した。実験用車両（図 5）に VHF アンテナと GPS アンテナを取り付け、地上高約 8ft および 12ft での受信信号強度を測定した。A 滑走路上的での信号強度強度を図 6 に B 滑走路上的での受信信号強度を図 7 に示す。A 滑走路上で建物の反射による影響と見られる強度変動がみられたものの、十分な信号強度が得られることが確認できた。

4.2 飛行評価試験

実験用 GBAS 機上装置（図 8）の実験用航空機（図 9）への搭載を行い、実験用機上装置の動作検証、VDB の覆域の確認を主な目的とし、2011 年 2 月 8 日～2 月 10 日および 3 月 2 日に飛行実験を実施した。いずれの実験も高松空港をベー



図 8: 実験用 GBAS 機上装置



図 9: 実験用航空機 Beechcraft B99 Airliner

ス空港とし、GBAS 試作装置が設置されている関西空港周辺空域において飛行を行い、受信信号強度の取得のために従来の機上受信装置も同時に搭載した。

2 月 8 日に実施した高度 5000ft、半径 20NM（関西 VOR を中心）のオービット飛行時に実験用 GBAS 機上装置で取得した飛行航跡を図 10 に示す。図中、太線で示しているのが飛行航跡で、航跡上の‘▲’のプロットは何からの理由で補正情報による DGPS 測位が行われなかった地点を示している。オービット飛行の外側の‘▲’の表示については、GBAS 試作装置においてサービスエリア端までの距離（ D_{max} 値）が、23NM に設定されており、その外側では VDB 信号を受信しても利用されないため、GBAS 補正が行われなかったためである。図 11 にオービット飛行時の受信信号強度を示す。0 度方向（北）から西側にかけて受信信号強度が落ち込みが見られ、これが原因と思われるビット誤りが発生し、DGPS 測位が行われなかった箇所が 2 点確認された。

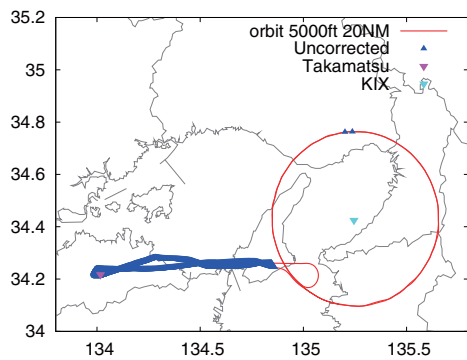


図 10: オービット飛行
(高度 5000ft, 半径 20NM)

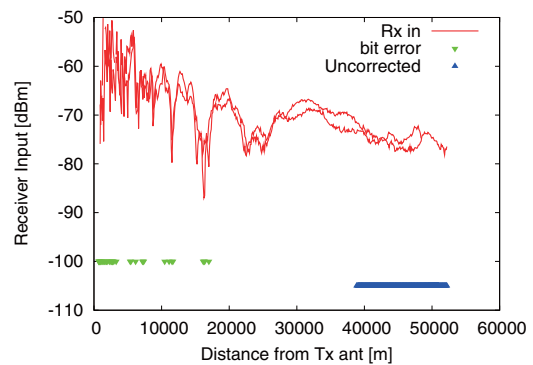


図 13: 受信信号強度 (5000ft レベル飛行)

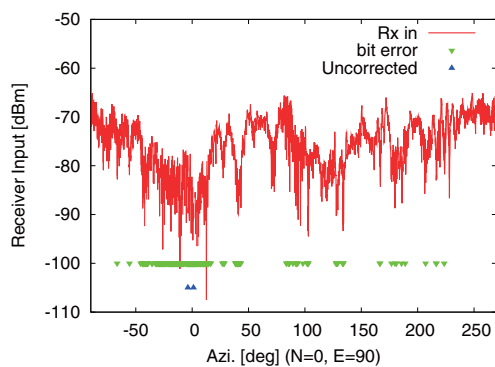


図 11: 受信信号強度と方位



図 12: VDB 送信アンテナに隣接する鉄塔

VDB 送信アンテナの北側に隣接するレーダー鉄塔 (図 12) の影響で電界強度の低下があったためと考えられる。

2 月 10 日に実施した高度 5000ft, 方位 238 度 (関西 VOR) のレベル飛行時に実験用 GBAS 機上装置および従来の機上装置で取得した受信信号強度およびビット誤り等を図 13 に示す。このレベル飛行においては、十分な受信機入力があり D_{max} より内側において DGPS 測位が行われない箇所は確認されなかった。

5. おわりに

実験用 GBAS 機上装置について紹介し、地上走行試験とオービット飛行およびレベル飛行の

例を示した。

当初予定していたアプローチ飛行は実施出来なかったが、これまでの地上走行および飛行試験によりプロトタイプ GBAS と GLU925 とのインタフェース確認および実験用機上装置の動作が確認できた。

オービット飛行において VDB 送信アンテナに隣接する鉄塔の影響と見られる受信信号強度の低下が確認されたが、この解決策として、送信アンテナを追加し、スロット毎に送信アンテナを切替えながら送信を行う方法等を考えている。

また、今回の飛行実験において、実験用機上装置の基本的な動作の確認が出来たので、PC 上のソフトウェアの改良による実験用機上装置の曲線進入への対応も行う予定である。

参考文献

- [1] 齊藤真二, 福島荘之介, 吉原貴之, 藤井直樹, “地上補強型衛星航法システムの飛行実験による性能評価,” 信学論 B, Vol. J87-B, No.4, pp.555-562, Apr. 2004.
- [2] 福島荘之介, 齊藤真二, 吉原貴之, 齋藤享, 藤田征吾, 工藤正博, “GBAS の大規模空港への設置に関する一検討,” 第 11 回電子航法研究所研究発表会講演概要, Jun. 2011.
- [3] “Minimum Operational Performance Standards for GPS Local Area Augmentation System Airborne equipment,” Technical Report DO-253A, RTCA, Nov. 2001.
- [4] “MARK33 Digital Information Transfer System (DITS) PART 1,” ARINC specification 429 PART 1-17, ARINC, May 2004.
- [5] “MARK33 Digital Information Transfer System (DITS) PART 2,” ARINC specification 429 PART 2-16, ARINC, Dec. 2004.
- [6] “Multi-Mode Receiver (MMR) - Digital,” ARINC characteristic 755-3, ARINC, Feb. 2005.
- [7] “GNSS Sensor,” ARINC characteristic 743A-4, ARINC, Dec. 2001.
- [8] “Commercial Standard Digital Bus (CSDB),” 9th Edition, GAAA, Jan. 1998.